

Method and arrangement for determining the absolute humidity of gases

Patent number: DE3413914
Publication date: 1985-10-24
Inventor: CVETKOVIC NEBOJSA DIPL PHYS (DE)
Applicant: PIPELINE ENGINEERING GES FUER (DE)
Classification:
- **International:** G01N21/31
- **European:** G01N21/39
Application number: DE19843413914 19840413
Priority number(s): DE19843413914 19840413

[Report a data error here](#)

Abstract of **DE3413914**

In such a method or in such an arrangement, a laser beam is emitted within a prescribed frequency spectrum and split into a measurement beam, which passes through the gas to be investigated, and a reference beam. The intensities of these component beams and the intensity of the radiation reflected out of the gas to be investigated are measured by detectors and fed to a computer, and the absorption of the gas to be investigated is determined as a function of a comparison of the measured values of intensity in a frequency range characteristic of water, and as a function thereof the absolute humidity is determined. The measurement beam is moved cyclically in order to scan a sector of area transverse to the direction of transmission of the measurement beam with the aid of a scanner device, and the moving transmission and reflection beams are captured by detectors after exiting from the gas to be investigated, and the measured values are fed to the computer.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

DE 3413914 A1

Procedure and arrangement for the determination of the absolute Feuchtigkeit of gases the invention refers to a procedure for the determination of the absolute humidity of gases, whereby a laser beam bundle is emitted within a given frequency spectrum and split up into a that gas penetrating measuring luminous beam which can be examined and into a reference luminous beam, which is measured intensities of the partial luminous beams and determined dependent on a comparison of the intensity measured values the absorption of the gas in a Frequenzbereich, characteristic which can be examined, of water. Furthermore the invention refers to an arrangement for the execution of this procedure. The determination of the absolute humidity of a gas and/or Gas mixture takes place in practice after different measurement principles. To it belong the conductivity measurement, the quartz oscillation analysis and the measurement of the change of capacity of a condenser. None of these well-known measuring procedures and/or, the associated measuring instruments is suitable for the control of chemical or physical processes, since they cause an intermittent measured value admission in noticeable Zeitabtaenden and or substantial time delays between measured value admission and measured variable processing into the absolute humidity of a gas representing signals. From the DE-A 2,228,493 a procedure of the kind initially specified for determining the water content is well-known in flue gases. Laser radiation is produced by a water vapour laser. The Intensitaetsmessung takes place thereby either according to the radiography principle or using a structurally complex spherical measuring chamber after the reflection principle. In the case specified last only the reflected measuring radiation for the determination of the water content of the flue gas sample can be considered. This well-known procedure made possible a rapid and essentially continuous measured value production and is therefore suitable for a sogenante on-line control of chemical or physical processes; the results of measurement of this well-known procedure are however on many, unconsidered measured variables dependently and in each case relatively inaccurate, so that the application type of the well-known procedure are limited. The invention is the basis the task, a practically delay-free working measuring procedure with associated arrangement for the determination of the absolute humidity in gases to indicate in particular in earth gases which ensure a high measuring accuracy at relatively small structural and operational expenditure with large elimination of physical or chemical measured variables. With the solution of this task the invention proceeds from the realization that with the application of absorption-spectroscopic measuring procedures to above all flowing gases both the transmitted portion and the reflected portion of the light energy for the measurement absor of the bierten energy, irradiated into the gas, are to be considered and thus for the determination of the absolute humidity in the examined gas. As well known for example in one a Kaverne inferred natural gas stream macroscopic pollutant particles, like salt grains, are carried glycol, rust etc., which can reflect a relatively high portion of the light energy irradiated into the gas flow. This reflected light energy portion was evaluated with exclusive consideration of the transmission energy with the measurement as absorption energy, so that the result of measurement would be falsified. The solution of the task of invention consists of the fact that additionally for the intensity of the transmitted radiation the intensity of the radiation reflected from the gas which can be examined is instrumentation seized and considered with the determination of the absorption and that the measuring luminous beam is cyclically induced to the scanning of a surface sector transverse to the measuring jet transmission direction and moved Transmissionsund reflection luminous beam after their withdrawal from the gas which can be examined is caught and to the determination by water molecules absorbed of the radiation energy and as a function of it the absolute humidity evaluated. The invention switches thus the measured variables due to pollutants in the gas which can be examined by consideration both by the gas transmitted and the portions of the altogether irradiated light energy reflected from the gas out and increases thereby both the accuracy and the reliability of the won measured values. Also the movement of the measuring luminous beam contributes to the reduction of the measured value influences caused by pollutants. This applies particularly with flowing Gasen1 with those the measuring luminous beam with the flow rate of the examined gas in direction of flow is preferably moved and for a certain volume element of the gas follows. Statistic fluctuations can be compensated by it, be had particularly the pollutants mentioned, like salt grains, glycol particle, rust etc. a flow rate deviating from the gas flow. Preferably the

measuring luminous beam is shifted during a messzyklus from an end parallel to the opposite end of the scanning area and reset afterwards suddenly on the one hand the end. During this parallel movement of the measuring luminous beam a always same radiography distance can be ensured by the fact on use of the usual rotationally symmetric measuring chambers that one puts the scanned surface sector into those or parallel to the rotation axle. Around the water-specific spectral lines more exactly it seizes and thus the measuring accuracy to increase to be able is intended in further training of the invention that frequency-selects the transmitted measuring luminous beam and the reference luminous beam within the frequency spectrum of the laser-emitted radiation and the absorption measured values for several, for which water content typical spectral lines in a computer are evaluated. For the production of a control size for the absolute humidity of the examined gas the phase shift of the transmitted radiation energy of the measuring luminous beam is preferably measured opposite that of the reference luminous beam constantly and determined from this in a computer the actual density of the examined gas and compared with a given density of the examined gas, for example the density of the gas at a well-known value of the absolute humidity. This phase shift can be measured for example by the fact that the transmitted Messstrahlenbuen del again split up and with a reference luminous beam to the Interferenz brought wird. In alternative procedure knows one the phase positions of the transmitted measuring radiation and the reference radiation in addition, to measure individually and in a computer for the determination of the density of the examined gas compare with one another. By depresses the measuring radiation through the examined gas caused phase shift can in well-known way through production by rotary field signals be determined electronically. While with practically all conventional measuring procedures the absolute humidity of a gas could be measured only with relaxed condition of the gas with sufficient accuracy, the invention is suitable also for the determination of the absolute humidity in gases which are at pressure. Here the pressure and preferably also the temperature of the gas is measured. The pressure and temperature levels are considered for the compensation of the druckverbreiterung of the water-specific spectral lines with the determination of the absolute humidity in a computer. The druckverbreiterung is an effect, which is to be observed with the spectrographic analysis from gases which are at pressure to. Under pressure the intensity is decreased with appropriate widening of the spectral lines. With the preferential use of the invention for the determination of the absolute humidity of natural gas a pulsed laser with an emission spectral region is preferably used from 2,63 to 2,7 μm over, whereby one avoids to the characteristic spectral lines of the not negligible portions of methane and CO_2 to a large extent. The arrangement according to invention for the determination of the absolute humidity of gases is characterized by the fact that in the path of rays of the measuring luminous beam between the Messstrah lenbuen del and the reference luminous beam splitting off beam splitter is arranged and the measuring chamber a scanner mechanism, which diverts the measuring luminous beam in such a manner transverse to messstrahlengang that it scans a given surface sector of the measuring chamber periodically and that the path of rays of the radiation reflected from the measuring chamber is directed over the scanner mechanism led back and toward a further, the intensity of the reflected radiation seizing detector, which is connected with the computer. This scanner mechanism is trained preferably in such a way with the fact that it shifts the measuring luminous beam within the surface sector parallel. In the following the invention is more near described on the basis a remark example of an arrangement represented schematically in the only figure for the measurement of the absolute humidity by flowing natural gas which is at pressure. A color center laser 1 produces a light-beam bundle, within a wavelength coverage from 2,63 to 2,7 μm , in which the characteristic spectral lines of water lie, so that this light energy is particularly strongly absorbed by water. The light emitted by the laser 1 is split up by a beam splitter 16 into a measuring luminous beam 20 and a reference luminous beam 21. The measuring luminous beam steps into a scanner 2, into which it is diverted periodically in such a manner that from the scanner of 2 withdrawing luminous beams within a given scanning area one shifts. For this purpose the scanner 2 points a multi-surface turning mirror 26 and a being certain lying in the path of rays of the occurring measuring luminous beam, to the drehspiegel opened hollow and/or parabolic reflector 25 up those mirrors 25 and 26 lies bent to the measuring luminous beam 20 easily, so that the radiation, in the direction of which gas which can be examined, reflected by the mirror 25, over which multi-surface turning mirror 26 runs away. The idea place of the measuring luminous beam on the

multi-surface turning mirror 26 lies in the focus of the parabolic reflector 25, so that on latter thrown measuring luminous beam 20 in all turning positions of the multi-surface turning mirror 26 parallel by the parabolic reflector 25 one reflects. The measuring luminous beam becomes therefore due to the circulation of the drehspiegels 26 within one by the pulled through line 20 and the dash-dotted line 20' limited scanning area to a pipe 15 thrown, which is flowed through by the natural gas which can be examined. The pipe 15 is in the range with suitable windows, re-painted over by the moved measuring luminous beam, 15' provided, which consist the measuring radiation of not absorbing material. The movement of the measuring luminous beam in the scanning field is steered in such a manner in accordance with condition of the control signal developed by a controller 4 as a function of a volumetric flow meter 5 that the scanning speed, with that the measuring luminous beam 20 in the scanning area 20, 20', equal the flow rate of the examined gas be up this way is moved a certain volume element of the gas, which flows by the tubular measuring section 15 permeable for the messstrahl, for a certain time by the measuring luminous beam under perpendicular Inzidenz is accompanied. The portion of the energy of the measuring luminous beam 20 reflected by for example macroscopic foreign bodies becomes over the scanner 2 on the back of the beam splitter 16 geworfen. This back is total by suitable remuneration reflecting, so that that reflection path of rays is returned on a photodetector 9. The intensity of the reflected radiation is seized in this detector 9 and considered over a computer during the final evaluation. The transmitted portion of the measuring luminous beam becomes over as a whole with 3 designated transmission device and in as frequency lesson device working circular letter-variable filter 24' the intensity of the transmitted radiation seizing detector 10 supply those transmission device 3 exhibits with the described remark example two stationary hollow and/or parabolic reflector with the mirrors 25, 26 appropriate inclination to the measuring luminous beam 20, of those the transmitted radiation fan catching parabolic reflectors 27 larger width and focal length has than the second parabolic reflector 28. The two parabolic reflectors are in such a way arranged that their focuses in one point collapse. From the smaller parabolic reflector 28 reflected and on the detector the 10 arranged jets of the cyclically moved jet fan run therefore parallel. They are bundled optical elements through not shown and on a beam splitter 18 steer through between the transmission device the 3 and the frequency lesson device 24' in the path of rays of the measuring radiation arranged beam splitter 18 a certain portion of the transmitted light energy is directed toward a partially transmitting mirror 19. A reference luminous beam 22, which is divided by a beam splitter 17 from the reference luminous beam 21, is supplied to a detector 11 by way of the partially transmitting mirror 19 just like the portion of the transmitted light energy abgespaltene at the beam splitter 18. By interference with the reference luminous beam 22 the phase shift of the light energy transmitted by the measuring section 15 is intended and determined in the computer 7 the actual density of the examined gas, in order to win a control value for the absolute humidity. As a result of comparison of the light energy, which is reduced by absorption of the water molecules in the measuring section, with the light energy of a reference jet 23, derived seized by the detector 10, seized in a detector 12 from the reference jet 21 a measure for the concentration of the water molecules arises and thus for the absolute humidity of the examined gas with consideration of the reflected light energy won in the detector 9. Likewise in as frequency lesson device working circular letter-variable filter 24 is assigned to the detector 12, that with the filter 24' if necessary synchronously turns. An asynchronous turn of the filters 24 and 24' can be considered by the computer. With the increased pressure of the examined gas measured values are necessary for pressure - measuring instrument 13 - and temperature - measuring instrument 14 -, which are conveyed to the computer 7 directly over analog/digital transducers. After dressing of the measuring signals by the computer 7 the absolute humidity as well as the appropriate dew point in a plotting device are digitally indicated and/or registered to 6. The determined values can be used directly for the process control for example with the drying process of Kavernen taken natural gas. Under that managing used Begriff "Gas" fall also gas mixtures, including such, in those foreign matter, as macroscopic solid particles or liquid molecules are carried.

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 34 13914 A1**

⑤ Int. Cl. 4:
G01 N 21/31

⑳ Aktenzeichen: P 34 13 914.1
㉑ Anmeldetag: 13. 4. 84
㉒ Offenlegungstag: 24. 10. 85

DE 34 13914 A1

㉓ **Anmelder:**

Pipeline Engineering Gesellschaft für Planung, Bau-
und Betriebsüberwachung von Fernleitungen mbH,
4300 Essen, DE

㉔ **Vertreter:**

Zenz, J., Dipl.-Ing., 4300 Essen; Helber, F., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anw., 6144 Zwingenberg

㉕ **Erfinder:**

Cvetkovic, Nebojsa, Dipl.-Phys., 4630 Bochum, DE

⑤ **Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:**

DE-AS	15 98 467
DE-OS	28 47 642
US	41 46 799

⑤ **Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen**

Bei einem derartigen Verfahren bzw. einer derartigen Anordnung wird ein Laserstrahlbündel innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittiert und in ein das zu untersuchende Gas durchdringendes Meßstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgespalten. Die Intensitäten dieser Teilstrahlenbündel und die Intensität der aus dem zu untersuchenden Gas reflektierten Strahlung werden über Detektoren gemessen, einem Rechner zugeführt und abhängig von einem Vergleich der Intensitätsmeßwerte die Absorption des zu untersuchenden Gases in einem für Wasser charakteristischen Frequenzbereich und in Abhängigkeit davon die absolute Feuchtigkeit bestimmt. Das Meßstrahlenbündel wird zur Abtastung eines Flächensektors quer zur Meßstrahlentransmissionsrichtung über eine Scannereinrichtung zyklisch bewegt und die bewegten Transmissions- und Reflexionsstrahlenbündel nach deren Austritt aus dem zu untersuchenden Gas über Detektoren aufgefangen und die Meßwerte dem Rechner zugeführt.

DE 34 13914 A1

PATENTANWÄLTE ZENZ & HELBER · D 43000 ESSEN 1 · AM RUHRSTEIN 1 · TEL.: (02 01) 412887

Seite

R 201

Pipeline Engineering
Gesellschaft für Planung, Bau-
und Betriebsüberwachung von Fernleitungen mbH

3413914

A n s p r ü c h e

=====

1. Verfahren zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen, wobei ein Laserstrahlbündel innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittiert und in ein das zu untersuchende Gas durchdringendes Meßstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgespalten wird, die Intensitäten der Teilstrahlenbündel gemessen und abhängig von einem Vergleich der Intensitätsmeßwerte die Absorption des zu untersuchenden Gases in einem für Wasser charakteristischen Frequenzbereich bestimmt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Intensität der aus dem zu untersuchenden Gas reflektierten Strahlung meßtechnisch erfaßt und bei der Bestimmung der Absorption berücksichtigt wird und daß das Meßstrahlenbündel zur Abtastung eines Flächensektors quer zur Meßstrahlentransmissionsrichtung zyklisch bewegt wird und die bewegten Transmissions- und Reflexionsstrahlenbündel nach deren Austritt aus dem zu untersuchenden Gas aufgefangen und zur Bestimmung der durch Wassermoleküle absorbierten Strahlungsenergie und in Abhängigkeit davon der absoluten Feuchtigkeit ausgewertet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das transmittierte Meßstrahlenbündel und das Referenzstrahlenbündel innerhalb des Frequenzspektrums der laseremittierten Strahlung frequenzselektiert und die Absorptionsmeßwerte für

3413914

2

mehrere, für den Wassergehalt typische Spektrallinien in einem Rechner ausgewertet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Untersuchung eines strömenden Gases, insbesondere eines Erdgases, das Meßstrahlenbündel während eines Meßzyklus in Strömungsrichtung des Gases bewegt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßstrahlenbündel während eines Meßzyklus von einem Ende zum entgegengesetzten Ende des Abtastsektors parallel verschoben und danach sprungartig zum einen Ende zurückgestellt wird.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsgeschwindigkeit des Gases gemessen und die Bewegung des Meßstrahlenbündels so gesteuert wird, daß seine Bewegungsgeschwindigkeit im wesentlichen gleich der Strömungsgeschwindigkeit des Gases ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenverschiebung der transmittierten Strahlungsenergie des Meßstrahlenbündels gegenüber derjenigen des Referenzstrahlenbündels laufend gemessen, daraus die Ist-Dichte des untersuchten Gases bestimmt, mit einer vorbestimmten Dichte des untersuchten Gases verglichen und als Kontrollgröße für die absolute Feuchtigkeit des untersuchten Gases verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des transmittierten Meßstrahlenbündels abgespalten und mit einem Referenzstrahlenbündel zur Bestimmung der Phasenverschiebung zur Interferenz gebracht wird.

3

3413914

3

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlagen der transmittierten Meßstrahlung und der Referenzstrahlung einzeln gemessen und in einem Rechner zur Bestimmung der Dichte des untersuchten Gases miteinander verglichen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Untersuchung eines unter Druck stehenden Gases der Druck und gegebenenfalls die Temperatur des Gases gemessen und daß die Druck- und Temperaturwerte zur Kompensation der Druckverbreiterung der wasserspezifischen Spektrallinien bei der Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in einem Rechner berücksichtigt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine gepulste Laserstrahlung in einem Emissionsspektralbereich von 2,63 bis 2,7 μm erzeugt wird.

11. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 bei der Prozeßsteuerung zur Trocknung von Erdgas.

12. Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen mit einem innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittierenden Laser, wenigstens einem Strahlenteiler zum Aufspalten des Laserstrahlbündels in ein Meßstrahlenbündel und ein Referenzstrahlenbündel, wobei das Meßstrahlenbündel auf eine das zu untersuchende Gas enthaltende Meßkammer gerichtet wird und das Gas durchdringt, ferner mit einer Detektoranordnung zur Messung der Intensitäten der das Gas durchdringenden Strahlung und der Referenzstrahlung und mit einem Rechner zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in Abhängigkeit von den Intensitätsmeßwerten, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang des Meßstrahlenbündels (20) zwischen dem Strahlenteiler (16) und der

3413914

4

Meßkammer (15) eine Scannereinrichtung (2) angeordnet ist, die das Meßstrahlenbündel (20) quer zum Meßstrahlengang derart ablenkt, daß es (20) einen vorgegebenen Flächensektor der Meßkammer (15) periodisch abtastet und daß der Strahlengang der aus der Meßkammer reflektierten Strahlung über die Scannereinrichtung (2) verläuft und auf einen weiteren, die Intensität der reflektierten Strahlung erfassenden Detektor (9) gerichtet ist, der mit dem Rechner (7) verbunden ist.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang des aus der Meßkammer (15) austretenden Transmissionsstrahlenbündels eine Übertragungsvorrichtung (3) angeordnet ist, die das bewegte Transmissionsstrahlenbündel auf einen Transmissionsstrahlendetektor (10) richtet.

14. Anordnung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Scannereinrichtung (2) so ausgebildet ist, daß sie das Meßstrahlenbündel (20) innerhalb des Flächensektors parallel verschiebt.

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Scannereinrichtung (2) einen im Meßstrahlengang (20) angeordneten, umlaufenden Mehrflächenspiegel (26) und einen auf den Mehrflächenspiegel gerichteten Parabolspiegel (25) aufweist, wobei der Brennpunkt des Parabolspiegels im wesentlichen mit der Reflexionsstelle des Mehrflächenspiegels (26) zusammenfällt, so daß die vom Parabolspiegel reflektierten Strahlen parallel verlaufen.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 15 zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit eines strömenden Gases, dadurch gekennzeichnet, daß die Scannereinrichtung (2) von einer die Strömungsgeschwindigkeit des Gases in der vorzugsweise rohrförmigen Meßkammer (15) messenden Vorrichtung (5) derart

3413914

5

gesteuert ist, daß das die Meßkammer durchdringende Meßstrahlenbündel (20) in Strömungsrichtung mit einer der Strömungsgeschwindigkeit des Gases entsprechenden Geschwindigkeit zyklisch bewegt wird.

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlaufgeschwindigkeit des Mehrflächenspiegels (26) proportional zum Ausgangssignal der Strömungsmeßvorrichtung (5) gesteuert ist.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsvorrichtung (3) zwei gegeneinander gerichtete Parabolspiegel (27, 28) aufweist, deren Brennpunkte koinzidieren.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenteiler (16) eine das vom Laser (1) emittierte Strahlenbündel aufspaltende teilreflektierende Vorderseite und eine das aus der Scannereinrichtung (2) austretende Reflexionsstrahlenbündel total reflektierende Rückseite hat und daß der Reflexionsstrahlendetektor (9) im Reflexionsstrahlengang hinter der totalreflektierenden Strahlenteilerfläche angeordnet ist.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß im Referenzstrahlengang (21) und im Transmissionsmeßstrahlengang (20) jeweils eine Frequenzselektionsvorrichtung (24, 24') angeordnet ist und daß die beiden Frequenzselektionsvorrichtungen (24, 24') derart miteinander gekoppelt sind, daß sie jeweils frequenzsynchron selektieren.

21. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzselektionsvorrichtungen Rotationsinterferenzfilter (24, 24') sind, deren jeweiligen Einstellungen und Drehge-

6

1304

3413914

6

schwindigkeiten übereinstimmen.

22. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß im Transmissionsmeßstrahlengang (20) und im Referenzstrahlengang (21) jeweils ein Strahlenteiler (18, 17) zur Abspaltung jeweils eines Teilstrahlenbündels angeordnet ist und daß die abgespaltenen Strahlenbündel einer deren Phasendifferenz messenden Meßvorrichtung (19, 11) zugeführt werden.

PATENTANWÄLTE ZENZ & HELBER · D-4300 ESSEN 1 · AM RUHRSTEIN 1 · TEL.: (02 01) 4126 87

Seite

7

3413914

P 507

Pipeline Engineering
Gesellschaft für Planung, Bau- und
Betriebsüberwachung von Fernleitungen mbH
Kallenbergstraße 5, D-4300 Essen 1

Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen, wobei ein Laserstrahlbündel innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittiert und in ein das zu untersuchende Gas durchdringendes Meßstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgespalten wird, die Intensitäten der Teilstrahlenbündel gemessen und abhängig von einem Vergleich der Intensitätsmeßwerte die Absorption des zu untersuchenden Gases in einem für Wasser charakteristischen Frequenzbereich bestimmt wird. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Anordnung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Die Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit eines Gases bzw. Gasgemisches erfolgt in der Praxis nach verschiedenen Meßprinzipien. Hierzu gehören die Leitfähigkeitsmessung, die Quarzschwingungsanalyse und die Messung der Kapazitätsänderung eines Kondensators. Keines dieser bekannten Meßverfahren bzw. der zugehörigen Meßgeräte ist zur Steuerung von chemischen oder physikalischen Prozessen geeignet, da sie eine diskontinuierliche Meßwertaufnahme in merklichen Zeitabständen und/

8

3413914

2

oder erhebliche Zeitverzögerungen zwischen Meßwertaufnahme und Meßwertverarbeitung in die absolute Feuchtigkeit eines Gases darstellende Signale bedingen.

Aus der DE-A 2 228 493 ist ein Verfahren der eingangs genannten Art zum Bestimmen des Wassergehalts in Rauchgasen bekannt. Die Laserstrahlung wird von einem Wasserdampflaser erzeugt. Die Intensitätsmessung erfolgt dabei entweder nach dem Durchstrahlungsprinzip oder unter Verwendung einer baulich aufwendigen kugelförmigen Meßkammer nach dem Reflexionsprinzip. In dem zuletzt genannten Falle kann nur die reflektierte Meßstrahlung für die Bestimmung des Wassergehalts der Rauchgasprobe berücksichtigt werden. Dieses bekannte Verfahren ermöglicht zwar eine rasche und im wesentlichen kontinuierliche Meßwertgewinnung und eignet sich deshalb für eine sogenannte on-line-Steuerung chemischer oder physikalischer Prozesse; die Meßergebnisse dieses bekannten Verfahrens sind aber von vielen, dabei unberücksichtigten Einflußgrößen abhängig und in jedem Falle relativ ungenau, so daß die Einsatzmöglichkeiten des bekannten Verfahrens beschränkt sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein praktisch verzögerungsfrei arbeitendes Meßverfahren mit zugehöriger Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in Gasen, insbesondere in Erdgasen anzugeben, die mit relativ geringem baulichen und betrieblichen Aufwand eine hohe Meßgenauigkeit bei weitgehender Ausschaltung physikalischer oder chemischer Einflußgrößen gewährleisten.

Bei der Lösung dieser Aufgabe geht die Erfindung von der Erkenntnis aus, daß bei der Anwendung absorptionsspektroskopischer Meßverfahren auf vor allem strömende Gase sowohl der transmittierte Anteil als auch der reflektierte Anteil der in das Gas eingestrahlten Lichtenergie für die Messung der absor-

9

3413914

8

bierten Energie und damit für die Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit im untersuchten Gas zu berücksichtigen sind. Bekanntlich werden beispielsweise in einem einer Kaverne entnommenen Erdgasstrom makroskopische Schadstoffteilchen, wie Salzkörner, Glykol, Rost usw. mitgeführt, die einen relativ hohen Anteil der in den Gasstrom eingestrahlten Lichtenergie reflektieren können. Dieser reflektierte Lichtenergieanteil würde bei ausschließlicher Berücksichtigung der Transmissionsenergie bei der Messung als Absorptionsenergie bewertet, so daß das Meßergebnis verfälscht wäre.

Die Lösung der Erfindungsaufgabe besteht darin, daß zusätzlich zur Intensität der transmittierten Strahlung die Intensität der aus dem zu untersuchenden Gas reflektierten Strahlung meßtechnisch erfaßt und bei der Bestimmung der Absorption berücksichtigt wird und daß das Meßstrahlenbündel zur Abtastung eines Flächensektors quer zur Meßstrahlentransmissionsrichtung zyklisch bewegt wird und die bewegten Transmissions- und Reflexionsstrahlenbündel nach deren Austritt aus dem zu untersuchenden Gas aufgefangen und zur Bestimmung der durch Wassermoleküle absorbierten Strahlungsenergie und in Abhängigkeit davon der absoluten Feuchtigkeit ausgewertet werden.

Die Erfindung schaltet also die durch Schadstoffe in dem zu untersuchenden Gas bedingten Einflußgrößen durch Berücksichtigung sowohl der durch das Gas transmittierten als auch der aus dem Gas reflektierten Anteile der insgesamt eingestrahlten Lichtenergie aus und erhöht dadurch sowohl die Genauigkeit als auch die Zuverlässigkeit der gewonnenen Meßwerte. Auch die Bewegung des Meßstrahlenbündels trägt zur Verminderung der durch Schadstoffe hervorgerufenen Meßwertbeeinflussungen bei. Dies gilt vor allem bei strömenden Gasen, bei denen das Meßstrahlenbündel vorzugsweise mit der Strömungsgeschwindigkeit des untersuchten Gases in Strömungsrichtung bewegt wird und

10
A
3413914

einem bestimmten Volumenelement des Gases folgt. Statistische Schwankungen können dadurch kompensiert werden, zumal die genannten Schadstoffe, wie Salzkörner, Glykolteilchen, Rost usw. eine vom Gasstrom abweichende Strömungsgeschwindigkeit haben.

Vorzugsweise wird das Meßstrahlenbündel während eines Meßzyklus von einem Ende zum entgegengesetzten Ende des Abtastsektors parallel verschoben und danach sprungartig zum einen Ende zurückgestellt. Bei dieser Parallelbewegung des Meßstrahlenbündels läßt sich bei Verwendung der üblichen rotationssymmetrischen Meßkammern eine stets gleiche Durchstrahlungsweglänge dadurch gewährleisten, daß man den abgetasteten Flächensektor in die oder parallel zu der Rotationsachse legt.

Um die wasserspezifischen Spektrallinien genauer erfassen und damit die Meßgenauigkeit erhöhen zu können ist in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß das transmittierte Meßstrahlenbündel und das Referenzstrahlenbündel innerhalb des Frequenzspektrums der laseremittierten Strahlung frequenzselektiert und die Absorptionsmeßwerte für mehrere, für den Wassergehalt typische Spektrallinien in einem Rechner ausgewertet werden.

Zur Gewinnung einer Kontrollgröße für die absolute Feuchtigkeit des untersuchten Gases wird vorzugsweise die Phasenverschiebung der transmittierten Strahlungsenergie des Meßstrahlenbündels gegenüber derjenigen des Referenzstrahlenbündels laufend gemessen und daraus in einem Rechner die Ist-Dichte des untersuchten Gases bestimmt und mit einer vorgegebenen Dichte des untersuchten Gases, beispielsweise der Dichte des Gases bei einem bekannten Wert der absoluten Feuchtigkeit, verglichen. Diese Phasenverschiebung kann beispielsweise dadurch gemessen werden, daß das transmittierte Meßstrahlenbün-

3413914

del nochmals aufgespalten und mit einem Referenzstrahlenbündel zur Interferenz gebracht wird. In alternativer Verfahrensweise kann man die Phasenlagen der transmittierten Meßstrahlung und der Referenzstrahlung aber auch einzeln messen und in einem Rechner zur Bestimmung der Dichte des untersuchten Gases miteinander vergleichen. Die durch den Durchtritt der Meßstrahlung durch das untersuchte Gas bedingte Phasenverschiebung kann in bekannter Weise elektronisch durch Erzeugung von Drehfeldsignalen bestimmt werden.

Während mit praktisch allen herkömmlichen Meßverfahren die absolute Feuchtigkeit eines Gases nur bei entspanntem Zustand des Gases mit ausreichender Genauigkeit gemessen werden konnte, eignet sich die Erfindung auch zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in unter Druck stehenden Gasen. Hierbei wird der Druck und vorzugsweise auch die Temperatur des Gases gemessen. Die Druck- und Temperaturwerte werden zur Kompensation der Druckverbreiterung der wasserspezifischen Spektrallinien bei der Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in einem Rechner berücksichtigt. Die Druckverbreiterung ist ein Effekt, der bei der Spektralanalyse von unter Druck stehenden Gasen zu beobachten ist. Unter Druck wird die Intensität bei entsprechender Verbreiterung der Spektrallinien vermindert.

Bei der bevorzugten Anwendung der Erfindung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Erdgas wird vorzugsweise ein gepulster Laser mit einem Emissionsspektralbereich von 2,63 bis 2,7 μm verwendet, wodurch den charakteristischen Spektrallinien der nicht vernachlässigbaren Anteile von Methan und CO_2 weitgehend ausgewichen wird.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen ist dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang des Meßstrahlenbündels zwischen dem das Meßstrah-

12
8
3413914

lenbündel und das Referenzstrahlenbündel abspaltenden Strahlenteiler und der Meßkammer eine Scannereinrichtung angeordnet ist, die das Meßstrahlenbündel quer zum Meßstrahlengang derart ablenkt, daß es einen vorgegebenen Flächensektor der Meßkammer periodisch abtastet und daß der Strahlengang der aus der Meßkammer reflektierten Strahlung über die Scannereinrichtung zurückgeführt und auf einen weiteren, die Intensität der reflektierten Strahlung erfassenden Detektor gerichtet ist, der mit dem Rechner verbunden ist. Diese Scannereinrichtung ist dabei vorzugsweise so ausgebildet, daß sie das Meßstrahlenbündel innerhalb des Flächensektors parallel verschiebt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der einzigen Figur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels einer Anordnung zur Messung der absoluten Feuchtigkeit von unter Druck stehendem strömenden Erdgas näher erläutert.

Ein Farbzentren-Laser 1 erzeugt ein Lichtstrahlenbündel, innerhalb eines Wellenlängenbereichs von 2,63 bis 2,7 μm , in welchem die charakteristischen Spektrallinien von Wasser liegen, so daß diese Lichtenergie von Wasser besonders stark absorbiert wird. Das vom Laser 1 emittierte Licht wird durch einen Strahlenteiler 16 in ein Meßstrahlenbündel 20 und ein Referenzstrahlenbündel 21 aufgespalten. Das Meßstrahlenbündel tritt in einen Scanner 2, in welchem es periodisch derart abgelenkt wird, daß das aus dem Scanner 2 austretende Strahlenbündel innerhalb eines vorgegebenen Abtastsektors verschoben wird. Zu diesem Zweck weist der Scanner 2 einen im Strahlengang des eintretenden Meßstrahlenbündels liegenden Mehrflächen-Drehspiegel 26 und einen feststehenden, zum Drehspiegel hin geöffneten Hohl- bzw. Parabolspiegel 25 auf. Die Spiegel 25 und 26 liegen zum Meßstrahlenbündel 20 leicht geneigt, so daß die vom Spiegel 25 reflektierte Strahlung, in Richtung auf das zu untersuchende Gas, über den Mehrflächen-Drehspiegel 26

13

3413914

hinweg verläuft. Die Einfallstelle des Meßstrahlenbündels auf dem Mehrflächen-Drehspiegel 26 liegt im Brennpunkt des Parabolspiegels 25, so daß das auf letzteren geworfene Meßstrahlenbündel 20 in allen Drehstellungen des Mehrflächen-Drehspiegels 26 parallel von dem Parabolspiegel 25 reflektiert wird. Das Meßstrahlenbündel wird daher aufgrund des Umlaufs des Drehspiegels 26 innerhalb eines durch die durchgezogene Linie 20 und die strichpunktierte Linie 20' begrenzten Abtastsektors auf ein Rohr 15 geworfen, das von dem zu untersuchenden Erdgas durchströmt wird. Das Rohr 15 ist in dem vom bewegten Meßstrahlenbündel überstrichenen Bereich mit geeigneten Fenstern 15' versehen, die aus einem die Meßstrahlung nicht absorbierenden Material bestehen. Die Bewegung des Meßstrahlenbündels im Abtastbereich wird nach Maßgabe des von einem Steuergerät 4 in Abhängigkeit von einem Durchflußmeßgerät 5 entwickelten Steuersignals derart gesteuert, daß die Abtastgeschwindigkeit, mit der das Meßstrahlenbündel 20 im Abtastsektor 20, 20' bewegt wird, gleich der Strömungsgeschwindigkeit des untersuchten Gases ist. Auf diese Weise wird ein bestimmtes Volumenelement des Gases, das durch die für den Meßstrahl durchlässige rohrförmige Meßstrecke 15 fließt, für eine bestimmte Zeit von dem Meßstrahlenbündel unter senkrechter Inzidenz begleitet.

Der von beispielsweise makroskopischen Fremdkörpern reflektierte Anteil der Energie des Meßstrahlenbündels 20 wird über den Scanner 2 auf die Rückseite des Strahlenteilers 16 geworfen. Diese Rückseite ist durch geeignete Vergütung total reflektierend, so daß der Reflexionsstrahlengang auf einen Photodetektor 9 umgelenkt wird. Die Intensität der reflektierten Strahlung wird in diesem Detektor 9 erfaßt und über einen Rechner bei der Endauswertung berücksichtigt. Der transmittierte Anteil des Meßstrahlenbündels wird über eine als Ganzes mit 3 bezeichnete Übertragungsvorrichtung und ein als Frequenzselektionsvorrichtung wirkendes zirkularvariables Filter

74
8

3413914

24' einem die Intensität der transmittierten Strahlung erfassenden Detektor 10 zugeführt. Die Übertragungsvorrichtung 3 weist bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel zwei stationäre Hohl- bzw. Parabolspiegel mit einer den Spiegeln 25, 26 entsprechenden Neigung zum Meßstrahlenbündel 20 auf, von denen der den transmittierten Strahlungsfächer auffangende Parabolspiegel 27 eine größere Breite und Brennweite hat als der zweite Parabolspiegel 28. Die beiden Parabolspiegel sind so angeordnet, daß ihre Brennpunkte in einem Punkt zusammenfallen. Die von dem kleineren Parabolspiegel 28 reflektierten und auf den Detektor 10 gerichteten Strahlen des zyklisch bewegten Strahlenfächers verlaufen daher parallel. Sie werden durch nicht gezeigte optische Elemente gebündelt und auf einen Strahlenteiler 18 gelenkt. Durch den zwischen der Übertragungsvorrichtung 3 und der Frequenzselektionsvorrichtung 24' im Strahlengang der Meßstrahlung angeordneten Strahlenteiler 18 wird ein bestimmter Anteil der transmittierten Lichtenergie auf einen teildurchlässigen Spiegel 19 gerichtet. Ein Referenzstrahlenbündel 22, das von einem Strahlenteiler 17 aus dem Referenzstrahlenbündel 21 abgeteilt ist, wird über den teildurchlässigen Spiegel 19 ebenso wie der am Strahlenteiler 18 abgespaltene Anteil der transmittierten Lichtenergie einem Detektor 11 zugeführt. Durch Interferenz mit dem Referenzstrahlenbündel 22 wird die Phasenverschiebung der durch die Meßstrecke 15 transmittierten Lichtenergie bestimmt und im Rechner 7 die Ist-Dichte des untersuchten Gases bestimmt, um einen Kontrollwert für die absolute Feuchtigkeit zu gewinnen.

Durch Vergleich der vom Detektor 10 erfaßten Lichtenergie, die durch Absorption der Wassermoleküle in der Meßstrecke verringert ist, mit der in einem Detektor 12 erfaßten Lichtenergie eines aus dem Referenzstrahl 21 abgeleiteten Referenzstrahles 23 ergibt sich unter Berücksichtigung der im Detektor 9 gewonnenen reflektierten Lichtenergie ein Maß für die Konzentration

15 -

3413914

der Wassermoleküle und damit für die absolute Feuchtigkeit des untersuchten Gases. Dem Detektor 12 ist ebenfalls ein als Frequenzselektionsvorrichtung wirkendes zirkularvariables Filter 24 zugeordnet, das mit dem Filter 24' gegebenenfalls synchron dreht. Eine asynchrone Drehung der Filter 24 und 24' kann durch den Rechner berücksichtigt werden. Bei dem erhöhten Druck des untersuchten Gases sind Meßwerte für Druck - Meßgerät 13 - und Temperatur - Meßgerät 14 - erforderlich, die über Analog/Digital-Wandler dem Rechner 7 direkt übermittelt werden.

Nach Aufbereitung der Meßsignale durch den Rechner 7 werden die absolute Feuchtigkeit sowie der entsprechende Taupunkt in einem Auswertegerät 6 digital angezeigt bzw. registriert. Die ermittelten Werte können direkt zur Prozeßsteuerung beispielsweise bei der Trocknung von Kavernen entnommenem Erdgas benutzt werden.

Unter den vorstehend gebrauchten Begriff "Gas" fallen auch Gasgemische, einschließlich solcher, in denen Fremdstoffe, wie makroskopische Feststoffteilchen oder Flüssigkeitsmoleküle mitgeführt werden.

- 16 -
- Leerseite -

Nummer:

34 13 914

Int. Cl. 4:

G 01 N 21/31

Anmeldetag:

13. April 1884

Offenlegungstag:

24. Oktober 1886

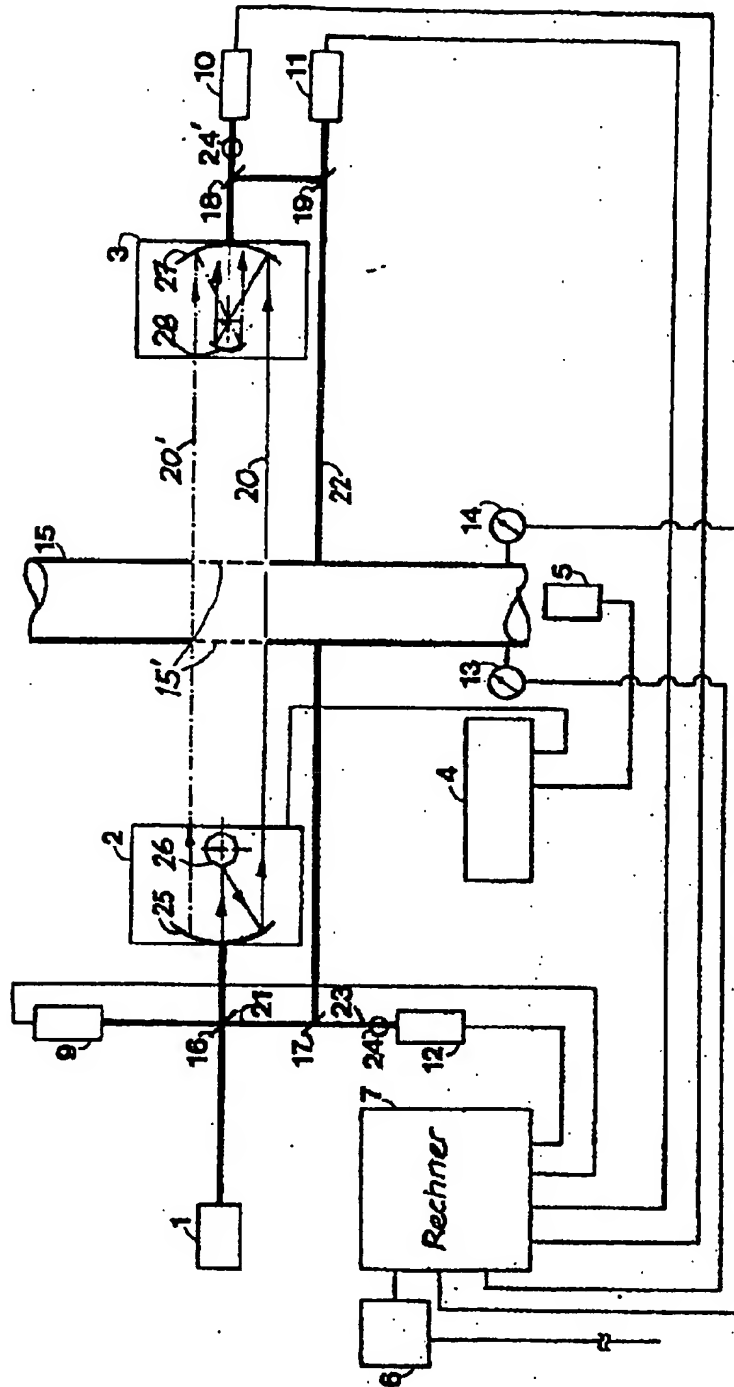


Fig. 1

ZENZ & HELBER
 PATENTANWÄLTE
 AM RUHRSTEIN 1
 D 4300 ESSEN 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.